

## Универсальный двухкомпонентный датчик для сейсморазведки в условиях мелководья, транзитных зон и прилегающей к ним суше

Запорожец Б.В., Киреев В.Л., Лисунов О.М., Крутов А.Л., ООО «СиТехноЛогик», г. Геленджик

Многие нефтегазовые районы находятся в мелководных частях шельфа, в дельтах рек и в прибрежных зонах. Успешная разведка обширных месторождений углеводородов, представляющих собой часть мелководного шельфа и прибрежных зон, требует.

Проведение качественных сейсмических исследований в этих труднодоступных, экологически ранимых местах требует особых подходов.

Переходные зона прибрежные полость и море, и суша во всем мире является одновременно и даром, и тяжелым бременем для нефтяной промышленности [1]. Однако, месторождения мелководных шельфов, прилегающих к суше, наиболее доступны для поисково-разведочного бурения и эксплуатации разрабатываемых месторождений нефти и газа, не требуют протяженных морских трубопроводов. Эти факторы делают рентабельной разработку даже сравнительно мелких месторождений [2]. Рассматриваемые зоны наименее всего изучены методами сейсморазведки.

Сложные условия требуют использования многообразной и непростой техники, дорогого оборудования. Стоимость исследований в этих условиях приблизительно на порядок выше стоимости морских сейсморазведочных работ. Поэтому необходимо стремиться получить максимально возможную информацию. В связи с тем, что перечисленные выше участки это перемежающиеся вода и суша целесообразно иметь два типа датчиков: гидрофоны, работающие в воде, и геофоны, работающие в сцеплении с грунтом.

Многие производители сейсморазведочной техники так и поступают. Например, фирма InputOutput изготавливает совмещенный датчик BCS-2 (рис. 1).

Внутри прочного корпуса располагается геофон модели SM-4 в карданном подвесе (КП). С одного конца корпуса крепится гидрофон (Preseis 2520), а с другой выходит кабель с 6-ти штырьковым герморазъемом. Фирма GeoSpace наряду с аналогичным датчиком GS-PV1-S (рис. 2), выпускает датчик GS-PV1-Full Wave с тремя



Рис. 1 Сдвоенный датчик BCS-2 фирмы InputOutput

ортогонально направленными (два горизонтальных и один вертикальный) геофонами в карданном подвесе и одним гидрофоном (рис. 3).

Технические характеристики датчиков приведены в таблице 1.

Аналогичные двухкомпонентные датчики выпускает фирма Sercel.

Помимо увеличения объема получаемой информации при использовании двойного



Рис. 2 Датчик GS-PV1-S фирмы GeoSpace

датчика, кроме данных от гидрофона и геофона позволяют получать данные о сигналах [3] и также разделять данные геофона на P- и S- волны [4]. В [5] отмечено, что одновременные измерения скорости и давления (геофоном и гидрофоном) вносит усовершенствования в методы обработки, использующие такие приемы как инверсия и деконволюция.



Рис. 3 Датчик GS-PV1-Full Wave фирмы GeoSpace с тремя ортогональными геофонами и гидрофоном

Все вышесказанное в пользу двухкомпонентных датчиков привело к тому, что в «СиТехноЛогик» была разработана конструкция двухкомпонентного датчика, совмещающего в одном корпусе гидрофон и геофон. Датчик разрабатывался для буксируемой цифровой телеметрической системы, способной работать на мелководье, в транзитных зонах и прилегающей к ним суше. В связи с тем, что геофон работает только при хорошем сцеплении с грунтом, корпус датчика выполнялся достаточно тяжелым, для обеспечения необходимого сцепления. Необходимость буксирования системы по грунту требовала отбитаемости датчика (отсутствия выступающих частей), определенной прочности корпуса. Датчики нельзя было крепить на отрезках кабеля, как это делается в существующих системах, где датчики (геофоны или гидрофоны, а также двухкомпонентные датчики) подсоединяются к передающему модулю телеметрической косы с помощью специальных кабелей. Обычно к одному телеметрическому модулю подключается от 3 до 8 датчиков, с помощью кабелей отходящих или от самого модуля (рис. 4 а), или кабеля, соединяющего эти модули (рис. 4 б).

Обе схемы соединений, как это очевидно, не позволяют буксировать телеметрическую систему без риска потерять приемные датчики.

Для решения проблемы буксировки или перетаскивания сейсмоприемной косы вдоль профиля между местами раскладки, было предложено разместить датчики в отбитаемом, не создающем препятствия движению, прочном, герметичном корпусе. Для возможности последовательного соединения датчиков в приемную линию, корпуса были снабжены симметричными, герметичными вводами, одновременно являющимися силовыми заделками кабеля. При необходимости соединения датчиков в приемную гирлянду (увеличение базы группирования, подключение к донной станции и т.п.) один из концов корпуса может быть закрыт специальной заглушкой.

В связи с тем, что при перемещении корпуса с датчиками, его (корпуса) повороты вокруг продольной оси неизбежны, геофон, традиционно, был размещен в карданном подвесе. В качестве чувствительного элемента был выбран геофон GX20 Super.

Табл. 1. Технические характеристики многокомпонентных датчиков

| Наименование параметра                          | МКС-2 (Input/Output) | GS-PV1-S (GeoSpace) | GS-PV1-Full Wave (GeoSpace) |
|-------------------------------------------------|----------------------|---------------------|-----------------------------|
| Длина, мм                                       | 140                  | 362                 | 362                         |
| Диаметр, мм                                     | 77                   | 63,5                | 63,5                        |
| Вес в воздухе, кг                               | 1,8                  | 2,04                | 2,04                        |
| Рабочая глубина, м                              | До 200               | До 200              | До 200                      |
| Максимальный угол наклона КП, град              | 30                   | Нет данных          | Нет данных                  |
| Угол поворота КП в вертикальной плоскости, град | 360                  | 360                 | 360                         |
| Геофон                                          |                      |                     |                             |
| - собственная частота, Гц                       | 10±5%                | 10±2%               | 10±2%                       |
| - чувствительность, В/мс                        | 20,9±5%              | 100,5±2%            |                             |
| Гидрофон                                        |                      |                     |                             |
| - чувствительность, мВ/Па                       | 45,8                 | 67,6±1,5 dB         | 73,0±1,5 dB                 |

Разрабатываемая система конструировалась для работы в режиме «старт-стоп». При этом приемная система с датчиками перемещается по профилю на интервал отсчета (25, 50 м), а в данный момент находится на буксирующем устройстве. Для уменьшения времени готовности системы, геофон, расположенный в КП, было необходимо демпфировать. С этой целью КП с геофоном поместили в герметичный стакан,

цифровой телеметрической системы XZone "Marsh Line" в транзитных зонах Каспийского моря. Система была укомплектована двухкомпонентными датчиками конструкции описанной выше. О результатах, полученных во время испытаний, будет рассказано в выпусках журнала, посвященных телеметрическим системам.

Таким образом, можно отметить, что

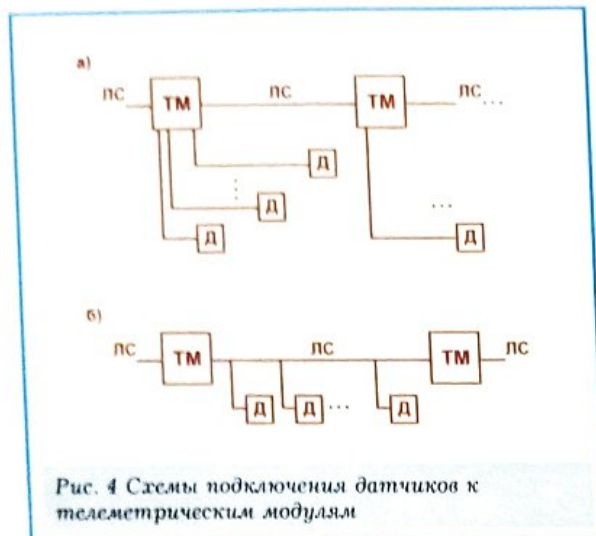


Рис. 4. Схемы подключения датчиков к телеметрическим модулям

заполненный демпфирующей жидкостью. Была выбрана не токопроводящая, инертная жидкость, сохраняющая свои характеристики в широком диапазоне температур. В табл. 2 приведены характеристики демпфирующей жидкости.

Для передачи давления к гидрофону в корпусе предусмотрены специальные протоочки, однако сам датчик имеет гидроизоляцию и не пропускает воду в прочный корпус.

Сам корпус датчиков, выполненный в виде трубы (рис. 3), позволяет, при необходимости, встроить внутрь электронику для сбора данных от датчиков и передачи их сейсморегистрирующей станции. На двух концах корпуса нарезана внутренняя резьба для возможности соединения с кабелем при помощи специальных конусов или, при необходимости, установки специальной заглушки. Резьба на трубе корпуса выполнена левая и правая, что дает возможность соединить и отсоединить корпус с датчиками в длинной линии, не разбирая всю линию. Технические характеристики двухкомпонентного датчика приведены в табл. 3.

В ноябре 2002 года были проведены испытания

Табл. 2. Характеристики демпфирующей жидкости

|                                                      |                    |
|------------------------------------------------------|--------------------|
| Вязкость, при 20 °С, сСт                             | 20                 |
| Вязкость, при минус 40 °С, сСт                       | 200                |
| Плотность, при 20 °С, г/см³                          | 0,965              |
| Температура застывания, °С                           | минус 60           |
| Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см | 2·10 <sup>14</sup> |

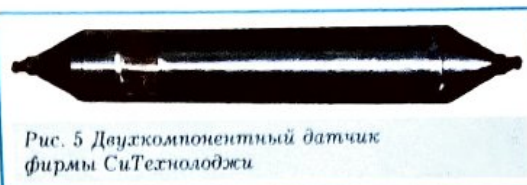


Рис. 5. Двухкомпонентный датчик фирмы СиТехнолоджи

появился российский двухкомпонентный датчик, который можно использовать в различных приемных системах. При необходимости в КП может быть установлено три геофона, расположенные ортогонально, при небольшом удлинении корпуса не увеличивая его диаметр.

Табл. 3. Технические характеристики двухкомпонентного датчика СиТехнолоджи

|                                                 |         |
|-------------------------------------------------|---------|
| Длина, мм                                       | 310     |
| Диаметр, мм                                     | 68      |
| Вес в воздухе, кг                               | 3,5     |
| Рабочая глубина, м                              | До 200  |
| Продольное разрывное усилие, кН                 | 100     |
| Максимальный угол наклона КП, град              | 30      |
| Угол поворота КП в вертикальной плоскости, град | 360     |
| Геофон                                          |         |
| - собственная частота, Гц                       | 10±2,5% |
| - чувствительность, В/мс                        | 27,6±5% |
| Гидрофон                                        |         |
| - чувствительность, мВ/Па                       | 120     |

#### Литература:

1. Michelson F.D., Huff D.W. Transition zones: difficult to explore, hard to ignore. Offshore, June 1988, pp. 22-25.
2. Hoff B.J., Chmelik F.B. Better shallow water seismic data. Ocean Industry, June 1982, pp. 19-23.
3. Plane Wave Deghosting of Hydrophone and geophone OBC Data, Richard Bale, 1998, SEG
4. Multiple attenuation and P/S splitting of multicomponent OBC data at a heterogeneous sea floor. Lasse Amundsen, Luc T. Ikelle and James Martin, 1998, SEG
5. Seismic Inversion and Deconvolution by Enders A. Robinson, 348 p., (October 1, 1999)

# СЕЙСМОПРИЕМНИКИ: РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО ПРИБОРОВ И СИСТЕМ